

## 배전선로 자동화 추진현황 및 과제

강 원 구

한국전력공사 중앙교육원 배전교육팀장  
공학박사/기술사

### 1. 머리말

산업 발달에 따라 전기의 사용이 늘어나면서 배전계통의 규모가 확대되고 복잡해졌고, 따라서 정전이 사회생활에 미치는 영향이 커져 현장에 직접 출동하여 고장을 처리해야 하는 종전의 수동방식으로는 배전선로를 효율적으로 관리하기가 힘들게 되었다. 수동방식은 계통조작에 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 고객에게 필요한 정보를 신속하게 전달하는 데도 한계가 있기 때문에 이러한 문제점을 해결하고 전력공급의 신뢰도를 높이기 위해 한국에서도 배전선로 자동화시스템 도입을 추진하게 되었다.

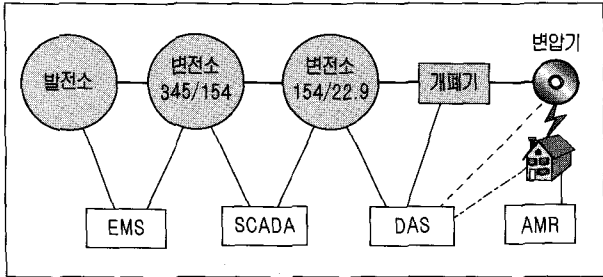
1979년부터 계획을 수립한 이래 꾸준히 연구 개발되어 온 배전선로 자동화시스템은 적용지역의 규모에 따라 대규모 시스템과 소규모 시스템으로 나누어져 개발되었으며, 1998년부터 확대 설치되기 시작한 소규모 시스템은 2001년 말이면 173개 중소도시에 설치가 완료될 예정이다. 그리고 2002년부터는 대도시에도 대규모 시스템을 설치하고 장차 소규모 시스템도 대규모 시스템으로 점차 업그레이드하도록 계획되어 있어 현재는 매우 중요한 시기라 할 수 있다.

따라서 현재까지 개발되어 온 배전선로 자동화시스템의 추진경위와 시스템 운영 현황을 살펴보고 향후 과제에 대하여 살펴보았다.

### 2. 배전선로 자동화시스템 추진경위

전력설비 자동화는 전력을 생산·수송·공급하는 대상 설비에 따라 그림 1과 같이 EMS(Energy Management System), SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition), DAS(Distribution Automation System)로 계층구조를 형성하고 있다.

이 중에 전력공급 라인에서는 맨 마지막이며 고객과의



〈그림 1〉 전력계통 자동화에서의 배전선로 자동화 위치

점점위치에 있는 배전선로 자동화시스템은 전력공급 신뢰도와 직결되는 시스템으로 그 중요성에 비해 다소 투자가 부족하여 기술발전이 늦은 측면이 있다. 한국의 배전선로 자동화시스템은 컴퓨터와 통신기술을 활용하여 원격 거리에 산재해 있는 배전선로용 개폐기를 현장에 가지 않고 사무실에서 원격으로 조작하고 고장구간을 자동으로 찾아내며, 전압·전류 등 선로운전정보를 자동으로 수집하는 시스템을 의미하며 이를 통해 정전구간 및 정전시간을 최소화시키는 효과를 거둘 수 있는 시스템이다.

1979년 배전선로 자동화 추진계획을 처음으로 수립하였으며 우선 단기적으로 개폐기 스스로 고장구간을 분리할 수 있는 루프 스위치를 도입하고, 장기적으로는 원격 제어 시스템을 도입하기로 하였다. 루프 스위치는 구간용과 타이용으로 구분되어 고장구간을 자동으로 분리하고 전전구간을 자동으로 역송하는 기능을 보유하고 있으며, 자동화용 개폐기가 개발되어 원격감시 및 제어가 가능해짐으로써 더 이상 확대사용은 이루어지지 않았다.

1983년 배전자동화를 위한 원격감시·제어 연구를 한전 전력연구원에서 착수하여 해외 전력회사의 사례와 통신방식에 대한 연구의 일환으로 미국 웨스팅하우스사로부터 EMETCON(Energy Metering and Control)이라는 시스템을 도입하여 1987년 최초로 경기도의 4개 배전선로에 설치하였다. 통신방식으로는 별도의 통신선을 설치하지 않고 전력선 자체를 통신선으로 이용한 전력선 통신방식(PLC : Power Line Carrier)을 채택하였

으며, 개폐기 원격감시 및 제어와 원격점검 기능을 구현하였다. 그러나 전력선 통신방식의 전송속도가 72.6baud로서 너무 낮고, 배전선로 특성상 잦은 계통변경이나 지중화 사업 등으로 인해 통신경로가 두절되는 문제점을 안고 있어 더 이상 확대 적용되지 않았으며, 최근에 저압선을 이용한 10Mbps급의 고속 통신기술을 개발하려는 노력이 세계 각국에서 경쟁적으로 이루어지고 있다. 고압선을 이용한 전력선 통신기술은 상시 개방점의 수시 변동으로 인한 통신경로 두절과 통신장치의 가격절감 등에 대한 지속적인 연구개발이 필요한 실정이다. 국내 최초의 배전 자동화 시스템이라는 역사적인 자료로 보존하기 위해, 2000년도 시스템 업그레이드시 철거된 시스템 구성장치는 고장의 배전 실증시험장에 보관하여 연구자료로 활용할 예정이다.

외국 배전자동화 시스템 도입과는 별개로 1984년 변전소 무인화용으로 운영중인 SCADA 시스템을 서울 중심부 22kV- $\Delta$ 지중 배전선로에 적용하여 개폐기 원격운전을 시도하였다. 초기 시범적용을 거쳐 몇 차례 개폐기를 확충하여 현재 122대의 지중개폐기를 원격운전하고 있다. 다만 SCADA 시스템 특성상 개폐기 조작과 상태감시만 가능하기 때문에 고장발생시 고장구간을 찾기 위해 수 차례 시험 송전을 해야 하므로 지중케이블 수명 단축과 안전사고가 우려되는 문제점을 안고 있다. 또한 선로 운전정보도 단상 부하전류 취득만 가능하기 때문에 활용 가치가 미흡한 실정이다.

이와 같이 배전자동화를 시도하기 위해 외국 시스템 도입과 SCADA 시스템을 적용해 보았으나 전송속도, 통신경로 두절, 고장구간 판단 불가능 등 많은 문제점이 노출되었다. 이러한 문제점을 근본적으로 해결하고 우리 나라 배전선로 운전여건에 맞는 시스템을 개발하기 위해 한국형 배전자동화 시스템(KODAS : Korea Distribution Automation System) 연구계획이 수립되었다.

이 프로젝트는 1990년 12월 국책연구사업으로 당시 동

력자원부, 한전 전력연구원, 한국전기연구소, 6개 중전기 업체가 공동으로 참여하여 3년간에 걸친 노력 끝에 1993년 12월 한국형 배전자동화 시스템을 개발하였다. 그러나 초기 시제품(Prototype)으로서 실 선로에 적용하여 상용화하기에는 보완할 사항이 많다고 판단되어 이 시제품을 실증시험하기 위한 후속 연구를 추진하였다. 1994년 배전선로 운전여건이 가혹하다고 할 수 있는 서울 도심의 강동지점 25개 배전선로에 자동화용 개폐기 125대를 설치하여 1997년 1월까지 33개월 동안 실증시험 운전을 시행하였다. 자동화용 개폐기를 개발하기 위해 내부 전원장치를 이용하였으나 결국 외부 전원으로 대체하는 시행착오를 겪었으며, 개폐기 제조업체와 단말장치 제조업체간 호환성이 확보되지 않아 수 없이 반복 보완을 해야 하는 과정을 거쳐야 했다. 또한 배전자동화용 통신망으로서 별도의 통신케이블(페어케이블)을 시설하기 위해 투자비가 소요되었으며, 통신사업과 원격검침 등 전송로의 다목적 이용을 위해 CATV를 이용한 기술도 함께 개발하였다. 수많은 시행착오를 이겨내고 연구 참여자들의 사명감과 각고의 노력 끝에 한국형 배전자동화 시스템의 모습이 만들어졌으며, 1996년 한전이 통신사업에 진출하면서 배전자동화용 통신망에 대한 새로운 국면을 맞이하게 되었다.

즉 배전선로에 광케이블을 설치하여 배전자동화와 원격검침을 시행하고 통신회선 임대사업도 병행하고자 함에 따라 배전자동화 추진시기는 광케이블 시설 및 기술개발 이후로 미루게 되었다. 그러나 도심지 교통체증이 날로 심해지고 출장소가 폐지되는 등 배전선로 운전여건은 점점 악화되어 배전자동화 시스템 도입이 시급한 실정에 놓이게 되었다.

이러한 난관을 타개하기 위해 1997년 투자비를 적게 들이고 기능을 단순화한 소규모 시스템 개발에 착수하였다. 성능이 크게 향상된 개인용 컴퓨터(PC)를 이용하여 개폐기를 원격조작하고, 자동화용 개폐기에 내장된 고장표시기(FI : Fault Indicator)로 고장구간을 찾을 수 있으며,

전압·전류 등의 선로 운전정보를 원격으로 취득할 수 있는 단순 기능의 소규모 배전선로 자동화시스템을 개발하였다. 많은 투자비가 소요되는 과거 워크스테이션(Workstation)급에 비해 주장치 구성비용을 크게 줄였고, 통신방식도 별도의 통신선을 설치하지 않고 공중통신망인 무선데이터 통신과 전화선을 활용하여 투자비를 절감하였다. 무선과 전화선을 이용하여 각각 1개 사업소에서 시스템을 운용하여 평균한 결과를 토대로 1998년 전국 16개 지역에 시범 적용하였으며, 경제성과 신뢰성이 우수함이 입증됨에 따라 1999년부터 2001년까지 3년에 걸쳐 전국에 확대하기로 방침을 결정하여 추진중이다(표 1 참조).

〈표 1〉 주장치 규모별 비교

| 구 분       | 소규모 시스템     | 대규모 시스템  |
|-----------|-------------|--|
| 주장치       | PC(3000만원)  | Client/Server(2억원)   |
| 용 량       | 개폐기 200대 미만 | 개폐기 200대 이상  |
| 기 능       | 기본 기능       | 개폐기 원격 감시 및 제어, 전압·전류 계측                                     |
|           | 부가 기능       | 시스템 이중화 및 Simulation, SCADA·GIS 연계, 계통도 대화면 표시, 영업창구 정전정보 제공 |
|           | 고장 처리       | 고장표시기에 의해 시스템 운용자가 고장구간 판단                                   |
| 적용시기      | 1998~2001   | 2002 이후  |
| 대 상 사 업 소 | 중소도시 173개   | 대도시 소재 사업소 (서울 시내 및 대도시)                                     |

### 3. 배전선로 자동화시스템 운영현황

2001년 현재 144개 사업소에 배전선로 자동화시스템을 설치하여 운영하고 있으며 대규모 시스템 및 소규모 시스템의 운영 현황은 표 2 및 표 3과 같다.

〈표 2〉 대규모 시스템 운영 현황

| 사업소   | 설치 연도 | 규 모 |        |     |     | 통신방식(대) |     |     |
|-------|-------|-----|--------|-----|-----|---------|-----|-----|
|       |       | D/L | 개폐기(대) |     |     | 무선      | 페어  | 광   |
|       |       |     | 가공     | 지중  | 소계  |         |     |     |
| 경기직할  | 2000  | 83  | 261    |     | 261 | 261     |     |     |
| 강동지점  | 1996  | 92  | 255    | 73  | 328 | 202     | 100 | 26  |
| 영등포지점 | 2000  | 54  | 104    | 92  | 196 | 92      |     | 104 |
| 합 계   |       | 229 | 620    | 165 | 785 | 555     | 100 | 130 |

〈표 3〉 소규모 시스템 운영 현황

| 설치 연도 | 사업 소수      | 대 상 기 기 |     |       |       |     |     | 계     |
|-------|------------|---------|-----|-------|-------|-----|-----|-------|
|       |            | 신 설     |     | 개 조   |       |     |     |       |
|       |            | 가공      | 지중  | R/C   | G/S   | FAS | ASS |       |
| ~1996 | (3)        | 143     | 122 | 24    |       |     |     | 289   |
| 1997  | 1          | 18      |     |       |       |     |     | 18    |
| 1998  | 16         | 30      |     | 124   | 316   | 57  | 62  | 589   |
| 1999  | 66         | 2,838   |     | 694   | 496   | 291 | 61  | 4,380 |
| 2000  | 61         | 1,189   |     | 740   | 188   | 57  | 2   | 2,176 |
| 합계    | (3)<br>144 | 4,218   | 122 | 1,582 | 1,000 | 405 | 125 | 7,452 |

주) (3)은 연구용 실증시험 시스템 : 경기, 중부, 강동지점

또한 배전선로 자동화시스템에서 가장 중요하고도 어려운 통신방식의 결정 및 도입·운영에서도 많은 시행착오를 거쳐 지역별로 표 4와 같이 다섯가지 통신방식을 채택 운영하고 있으나 기술발전이 꾸준히 이루어지고 있으며 경제성 및 신뢰성과 관련하여 앞으로도 많은 연구가 필요한 분야이다.

〈표 4〉 배전선로 자동화시스템 통신방식

| 설치 연도 | 사업 소수      | 통 신 방 식        |                |              |                |             |  | 계     |
|-------|------------|----------------|----------------|--------------|----------------|-------------|--|-------|
|       |            | 무선             | 전화선            | 광            | TRS            | 페어          |  |       |
| ~1996 | (3)        | 67             | 52             |              |                | 70          |  | 289   |
| 1997  | 1          | 10             | 8              |              |                |             |  | 18    |
| 1998  | 16         | 449            | 140            |              |                |             |  | 589   |
| 1999  | 66         | 652            | 3,410          | 13           | 15             |             |  | 4,380 |
| 2000  | 61         | 202            | 378            | 821          | 1,135          | 30          |  | 2,176 |
| 합계    | (3)<br>144 | 1,380<br>(19%) | 3,988<br>(54%) | 834<br>(11%) | 1,150<br>(15%) | 100<br>(1%) |  | 7,452 |

〈표 5〉 연도별 투자실적 및 계획

| 항 목              | 연 도 | ~1998 | 1999  | 2000  | 2001  | 소 계    | 2002~ | 합 계                 |
|------------------|-----|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------------------|
| 소규모설치 사업소        |     | 17    | 66    | 61    | 29    | 173    |       | 173                 |
| 대규모설치 사업소        |     | 1     |       | 1     | (1)   | 2(3)   | 9     | 11(12)              |
| 개폐기(대)           |     | 896   | 4,390 | 2,951 | 2,780 | 11,017 | 6,983 | 18,000              |
| 예산(억원)           |     | 46    | 397   | 272   | 356   | 1,071  | 672   | 1,743               |
| 원격제어율<br>(누계, %) |     | 5.0   | 29.4  | 45.8  | 61.2  |        | 100   | D/L당 개폐기<br>3.5대 기준 |
|                  |     | 1.1   | 6.6   | 10.3  | 13.8  |        | 22.5  | 총 개폐기<br>8만대 기준     |

주) 중부지점 SCADA는 적용사업소는 제외하고 개폐기는 포함

#### 4. 배전선로 자동화시스템 추진 계획

현재 원격운전하고 있는 자동화용 개폐기는 8,000여대이며 2001년 말까지는 소규모 시스템을 확대하고 2002년 이후에는 표 5와 같이 설비증가와 구조개편 등 경영환경 변화를 감안하여 대규모 시스템을 확대 적용할 계획이다.

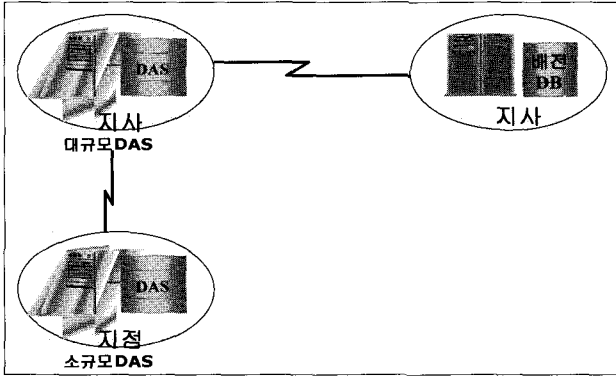
이 때 운영중인 소규모 시스템은 자동 고장처리 기능 등이 부가된 대규모 시스템으로 업그레이드할 계획이며, 한전 전력연구원이 소프트웨어 소유권을 확보하여 지속적으로 추진할 계획이다. 이를 위해 한국형 배전자동화시스템(KODAS)을 업그레이드하여 대규모 시스템의 표준형으로 개발하고 있다.

#### 5. 향후 추진 과제

배전선로 자동화시스템이 운영되면서 정전시간이 단축되어 공급신뢰도가 크게 향상되었다. 과거에는 선로고장이 발생하면 고객의 전화신고로부터 현장출동, 고장구간 탐색, 부하전환, 복구에 이르는 전과정에 수십 분의 시간이 소요되었으나 배전선로 자동화시스템이 적용된 이후 수분 이내로 줄어들었다. 또한 고객에게 정전정보를 신속하게 제공하고 현장인력을 효과적으로 활용할 수 있게 되었으며, 전력설비의 효율적 운용에 의해 유지보수 비용이 크게 절감되었다. 향후 배전선로 자동화시스템이 원격검

침, 부하제어, SCADA 등 타 시스템과 연계되면 배전설비의 효율성이 더욱 높아질 것이다.

배전선로 자동화시스템은 앞으로 고장을 자동 복구하는 것에 머물지 않고 한 발 더 나아가 선로고장 발생을 미리 예측하여 예방하고 인공지능을 이용하여 작동하는 고도의 첨단 시스템으로 거듭날 것으로 보인다. 자동화 기기의 콤



〈그림 2〉 지사-지점간 자동화시스템 연계

팩트화, 안정적인 통신망 확보, 시스템 설비의 표준화, 타 시스템과의 연계 등이 계속 실현될 과제이다.

배전선로 자동화시스템은 배전설비의 첨단화를 기본 바탕으로 일반가정까지 자동화와 정보화를 함께 실현하는 방향으로 확장될 것으로 보인다. 고도정보화와 하이테크화 시대가 본격적으로 열려 전력공급 신뢰도 향상을 요구하는 고객의 목소리가 더욱 강해지고 일반가정을 대상으로 한 자동화 정보화의 필요성이 더욱 부각될 것이기 때문이다. 따라서 향후 배전선로 자동화의 초점은 공급신뢰도를 향상시키는 동시에 배전설비 뿐만 아니라 고객설비도 자동화하고 고객과의 정보 네트워크를 구축하는 종합 자동화시스템으로 발전되어 나가야 한다. 이러한 시스템을 구축하기 위해 먼저 전력설비 운용에 반드시 필요한 시스템이면서, 동시에 전력사용량, 요금정보 등 전력정보를 실시간으로 제공할 수 있어야 한다. 가전기기를 원격 제어할 수 있는 홈 오토메이션, 수도 가스 통합검침 등의

기능을 갖추어 고객 요구를 충족시키고 신배전정보시스템 (NDIS : New Distribution Information System), SCADA 등 기존의 자동화시스템과 상호 원활하게 연계할 수 있는 합리적인 시스템이 구축되어야 한다. 또한 장래의 사회환경과 경영환경 변화, 신기술 개발 동향 등에 유연하게 대응할 수 있는 시스템으로 개발되어야 한다.

## 6. 맺음말

금년 말이면 서울시내를 제외한 전국 대부분의 지역에 배전선로 자동화시스템이 설치되게 된다. 따라서 자동화 시스템을 운영하는 한전의 담당자, 사령실 근무자 및 운영실 근무자 뿐 아니라 관련업체의 직원들에 대한 배전자동화 교육과 홍보가 강화되어야 할 시점이다. 그리고 아직 많은 문제점을 안고 있는 통신방식의 선정 및 운영과 관련하여 비약적인 발전을 하고 있는 최신기술의 활용 방안을 포함하여 신뢰성과 경제성을 고려한 연구검토가 필요하다 생각되고 특히 대규모 시스템은 많은 기능을 구현하는데 초점을 맞추기보다는 신뢰성과 운용의 효율성을 높이는 데 노력해 나가야 할 것이다. 그리고 자동화용 개폐기, 차단기 및 제어함 제조업체에서도 서지나 왜란에 영향을 받지 않도록 하여 폭우나 태풍 등 기상 악조건하에서도 꼭 필요할 때 에러 없이 작동될 수 있도록 개선하고, 계측기술을 개발하여 CT나 PT 등 센서의 정확도를 높여 자동화시스템이 배전선로 운영에 많은 도움이 될 수 있도록 지속적으로 개선해야 할 것이다.

### 〈참 고 문 헌〉

- (1) 최태일, 김재성, "배전자동화 교재", 2001. 3
- (2) 전력연구원 배전기술그룹, "신 배전자동화 시스템 개발연구 최종보고서", 2000. 10
- (3) Kazuhiro Oohashi, Jinpei Kuwayama, Horoshi Horiguchi "An overview of recent distribution management systems", Fuji Electric Review
- (4) 한전 KDN, "2001년도 소규모 배전선로 자동화시스템 시연회", 2001. 5
- (5) 김명수, "22.9kV 이하 배전계통의 자동화시스템 및 통신망", 한전 전력연구원 기술간행물, 2000. 8